Concepteur de solutions et de services pour
la recherche et le développement

PILOTES SYSTÈMES

MANUEL D'UTILISATION
ETUDE D'UNE POMPE CENTRIFUGE
07-1055H

6 Route d'Heyrieux ■ 69360 St Symphorien d'Ozon ■ tel : 04 78 02 10 55 ■ fax : 04 78 02 73 99

SOMMAIRE

1 – Fiche de calcul 1

1 . 1 – Calcul de la HMT 1
1 . 2 – Calcul du NPSH 1
1 . 3 – Calcul de la puissance en bout d'arbre 2
1 . 4 – Calcul du rendement de l'ensemble motopompe 2
1 . 5 – Calcul du rendement de la pompe 2
1 . 6 – Mesure du couple 3

2 – Travaux pratiques 4

2 . 1 – Etude de la pompe 4

1 – FICHE DE CALCUL

1 . 1 - CALCUL DE LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE : H. M. T.

$$H.M.T. = \frac{(P_{aval} - P_{amont}) \times (10.197 \times 9.81 \times 1000)}{g \times \rho}$$

avec :

- H.M.T. = Hauteur manométrique totale (m CE)
- P aval = Pression refoulement pompe (bar)
- P amont = Pression aspiration pompe (bar)
- ρ = Masse volumique du liquide (kg/m^3)(ρ_{eau} =1000 kg/m^3)
- g = Accélération (m/s^2) (g = 9.81m/s^2)
- 1 bar = 10.197 m CE

1 . 2 - CALCUL DE LA CHARGE NETTE D'ASPIRATION : N. P. S. H.

$$N.P.S.H. = \frac{(P_{amont} - P_{vap})}{g \times \rho} + \frac{16 \times Qv^2}{2 \times g \times \pi^2 \times (25 \times 10^{-3})^4}$$

avec :

- N.P.S.H. = Charge nette d'aspiration (m CE)
- P amont = Pression absolue d'aspiration (Pa)
- P_{vap} = Pression de vapeur saturante (Pa) (à 20°C P_{vap} = 0.023 bar)
- g = Accélération (m/s^2) (g = 9.81 m/s^2)
- ρ = Masse volumique du liquide (kg/m^3) (ρ eau = 1000 kg/m^3)
- Qv = Débit volumique (m^3/s)
- d = Diamètre de la tuyauterie (25 mm)

1 . 3 - CALCUL DE LA PUISSANCE EN BOUT D'ARBRE

$$P = 2 \times \pi \times C \times N$$

avec :
- P : Puissance (W)
- C : Couple mécanique (N.m)(Voir chapitre « mesure du couple »)
- N : Vitesse de rotation (tr/s)

1 . 4 - CALCUL DU RENDEMENT DE L'ENSEMBLE MOTOPOMPE

$$\eta_G = P_F / P_A$$

avec :

$$P_F = g \times \rho \times H \times Qv$$

avec :
- P_F = Puissance fournie au fluide (W)
- g = Accélération (m/s^2) (g = 9.81 m/s^2)
- ρ = Masse volumique du liquide (kg/m^3)(ρ eau = 1000 kg/m^3)
- H = Hauteur manométrique (m CE)
- Qv = Débit volumique (m^3/s)
- η_G = Rendement du groupe moto-pompe (%)
- P_A = Puissance électrique absorbée lue sur le wattmètre (W)

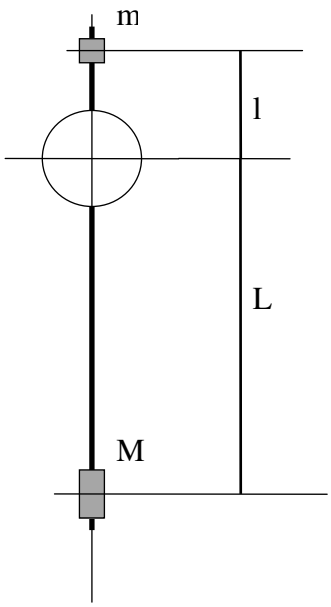
1 . 5 - CALCUL DU RENDEMENT DE LA POMPE

$$\eta_P = P_F / P_M$$

avec :
- η_P = Rendement de la partie pompe (%)
- P_F = Puissance hydraulique (W)
- P_M = Puissance transmise en bout d'arbre moteur (W)

1 . 6 - MESURE DU COUPLE

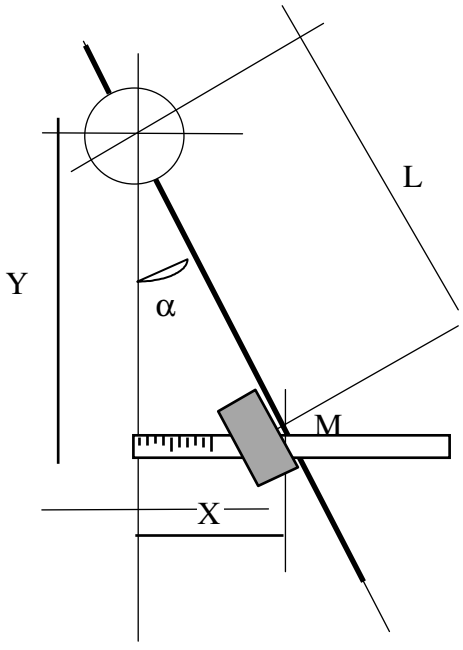
L'arbre du moteur de la pompe 1 dispose de deux masses « m » et « M » sur le bras de levier.
La masse « m » équilibre à vide le moteur et l'arbre.



Pour équilibrer l'ensemble, supprimer la masse « M » mettre hors tension la pompe, puis faire varier la longueur « l » (longueur entre l'arbre du moteur et la masse « m ») de façon à ce que l'arbre du moteur reste figé dans la position où il a été forcé.

La masse « M » permet de régler la fin de course de l'arbre du moteur afin qu'il ne soit jamais en butée. Pour cela, positionner la masse « M » à une certaine distance et mettre la pompe en fonctionnement. Régler la masse « M » afin de pouvoir lire le plus grand déplacement possible sur la règle sans jamais être en butée (réglage en usine).

Pour le calcul du couple, il faut mesurer la distance « X » et l'angle α par la tangente (tan α = X / Y). Quand α est déterminé, le couple se calcule par la formule suivante :



$$C = M \times L \times \sin\alpha \times 9.81$$

- X : Distance de déplacement (m)
- Y : Longueur du bras de levier (0.696 m)
- M : Masse sur le bras de levier (1.743 kg)
- L : Distance du centre de gravité de la masse par rapport à l'axe de rotation. (0.592 m)
- C : Couple mécanique (N.m)

2 - TRAVAUX PRATIQUES

2 . 1 - ETUDE DE LA POMPE

2 . 1 . 1 - Manipulation 1

Il s'agit d'observer les variations du couple, des pressions et du débit en fonction de la vitesse de rotation du moteur de la pompe, puis d'effectuer différents calculs à partir de ces mesures.

a - Mode opératoire

Etat des vannes : F= fermée O= ouverte

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
O	F	O	F	F	O	O	F

- Après avoir ouvert les vannes, mettre en marche la pompe à vitesse maximum, puis régler le débit avec la vanne de réglage pour obtenir 3000 l/h,

N.B. Il convient de démarrer la pompe avec la commande de variation de vitesse à 0 pour éviter une action violente sur le mécanisme de mesure du couple du moteur d'entraînement lors de la mise en marche si la vitesse est réglée à une valeur importante,

- Relever les valeurs de la vitesse de rotation du moteur, du débit, de X pour le calcul du couple et des pressions amont et aval (P1 et P2). Effectuer d'autres mesures pour des valeurs différentes de la vitesse de rotation du moteur à l'aide du potentiomètre de commande de la variation de vitesse.

b - Mesures et calculs expérimentaux

Q_v1 (l/h)	N (tr/mn)	X (m)	$P_{1\ amont}$ (bar)	$P_{1\ aval}$ (bar)	Puissance (W)	sin α	C (m.N)	H.M.T. (mCE)
1000	814	0.015	0.00	0.10	150	0.0215	0.218	1.02
1500	1118	0.025	0.00	0.22	203	0.0359	0.363	2.24
2000	1414	0.035	0.00	0.30	260	0.0502	0.508	3.06
2500	1660	0.050	0.00	0.35	307	0.0717	0.725	3.57
3000	1965	0.060	0.01	0.40	367	0.0859	0.869	3.98

Rappel :

N	=	Vitesse de rotation du moteur
X	=	Déplacement du bras de levier (voir « mesure du couple »)
Q_v	=	Débit volumique
P amont	=	Pression relative d'aspiration de la pompe (P1)
P aval	=	Pression relative de refoulement de la pompe (P2)
α	=	Angle de rotation du bras de levier (voir « mesure du couple »)
C	=	Couple exercé sur l'arbre du moteur (voir « mesure du couple » L = 592 mm, M = 1.743 kg et Y = 696 mm)
H.M.T.	=	Hauteur manométrique totale
Puissance	=	Lue sur le Wattmètre

2 . 1 . 2 - Manipulation 2

Observation des variations des pressions amont et aval en faisant varier le débit à l'aide de la vanne de sortie de la pompe pour une vitesse de rotation du moteur stable.

a- Mode opératoire

Etat des vannes : F= fermée O = ouverte ↕ = variable

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
O	F	↕	F	F	O	O	F

- Positionner les vannes puis mettre en marche la pompe,

- Régler, avec le potentiomètre de commande, la vitesse de la pompe (cette vitesse sera identique pendant la durée de la manipulation) ; si pour cette vitesse le débit est supérieur à 3000 l/h, fermer la vanne de réglage pour avoir un débit égal à 3000 l/h,

- Relever sur le manomètre les pressions amont (P 1) et aval (P 2) et le débit (Qv),

- Relever différentes mesures en diminuant à chaque fois le débit de 200 l/h à l'aide de la vanne de réglage,

- Cette manipulation sera effectuée avec 2 valeurs de vitesse.

Rappel :

N	=	Vitesse de rotation du moteur
Qv	=	Débit volumique
P amont	=	Pression relative d'aspiration de la pompe (P1)
P aval	=	Pression relative de refoulement de la pompe (P2)
H.M.T.	=	Hauteur manométrique totale
N.P.S.H.	=	Charge nette d'aspiration

b - Mesures et calculs expérimentaux

Avec N=2830 tr/mn :

Q_{v1} (L/h)	P_{1amont} (bar)	P_{1aval} (bar)	HMT (mCE)	NPSH (mCE)
0	0.00	3.70	37.73	9.96
400	0.00	3.40	34.67	9.96
600	0.00	3.20	32.63	9.97
800	0.00	3.00	30.59	9.97
1000	0.00	2.80	28.55	9.98
1200	0.00	2.70	27.53	9.98
1400	0.00	2.60	26.51	9.99
1600	0.00	2.40	24.47	10.00
1800	0.00	2.30	23.45	10.01
2000	0.00	2.10	21.41	10.02
2200	0.00	2.00	20.39	10.04
2400	0.00	1.85	18.86	10.05
2600	0.00	1.70	17.33	10.07
2800	0.00	1.60	16.32	10.09
3000	0.00	1.50	15.30	10.11

Avec N=2140 tr/mn :

Q_{v1} (L/h)	P_{1amont} (bar)	P_{1aval} (bar)	HMT (mCE)	NPSH (mCE)
0	0.00	2.20	22.43	9.96
400	0.00	2.00	20.39	9.96
600	0.00	1.80	18.35	9.97
800	0.00	1.70	17.33	9.97
1000	0.00	1.60	16.32	9.98
1200	0.00	1.45	14.79	9.98
1400	0.00	1.30	13.26	9.99
1600	0.00	1.20	12.24	10.00
1800	0.00	1.15	11.73	10.01
2000	0.00	1.05	10.71	10.02
2200	0.00	1.00	10.20	10.04
2400	0.00	0.90	9.18	10.05
2600	0.00	0.80	8.16	10.07
2800	0.00	0.70	7.14	10.09
3000	0.00	0.60	6.12	10.11

2 . 1 . 3 - Manipulation 3

Observation de la variation du rendement du groupe moto-pompe, en faisant varier le débit à l'aide de la vanne de sortie de la pompe.

a - Mode opératoire

Etat des vannes : F= fermée O = ouverte ↕ = variable

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
O	F	↕	F	F	O	O	F

- Positionner les vannes puis mettre en marche la pompe 1 (2710 tr/mn) ; si le débit est supérieur à 3000 l/h, fermer la vanne de réglage pour avoir un débit égal à 3000 l/h,

- Relever sur les manomètres les pressions amont (P_1) et aval (P_2), le débit (Q_v), la vitesse (N), la puissance absorbée (Pa) et la distance X pour la mesure du couple,

- Relever différentes mesures en diminuant à chaque fois le débit de 200 l/h à l'aide de la vanne de réglage.

Rappel :

Qv	=	Débit volumique
P amont	=	Pression relative d'aspiration de la pompe (P1)
P aval	=	Pression relative de refoulement de la pompe (P2)
X	=	Déplacement du bras de levier (voir « mesure du couple »)
N	=	Vitesse de rotation du moteur
P_A	=	Puissance lue sur le Wattmètre
H.M.T.	=	Hauteur manométrique totale
C	=	Couple exercé sur l'arbre du moteur (voir « mesure du couple » L = 592 mm , M = 1.743 kg et Y = 696 mm)
P_M	=	Puissance mécanique en bout d'arbre du moteur
P_F	=	Puissance hydraulique
η_G	=	Rendement du groupe moto-pompe
η_P	=	Rendement de la partie pompe

b - Mesures et calculs expérimentaux

Q_{v1} (L/h)	P_{1amont} (bar)	P_{1aval} (bar)	X (m)	N (tr/mn)	Pa (W)	sin α	HMT (mCE)	C (m.N)	P_M (W)	P_F (W)	ηG (%)	ηP (%)
0	0.00	3.60	0.100	2833	552	0.1422	36.71	1.440	427.1	0.0	0.00	0.00
400	0.00	3.40	0.100	2831	552	0.1422	34.67	1.440	426.8	37.8	6.85	8.85
600	0.00	3.20	0.105	2828	552	0.1492	32.63	1.510	447.2	53.4	9.66	11.93
800	0.00	3.00	0.105	2823	552	0.1492	30.59	1.510	446.4	66.7	12.08	14.94
1000	0.00	2.90	0.105	2829	552	0.1492	29.57	1.510	447.3	80.6	14.60	18.01
1200	0.00	2.80	0.107	2820	552	0.1519	28.55	1.538	454.2	93.4	16.91	20.56
1400	0.00	2.60	0.107	2817	552	0.1519	26.51	1.538	453.7	101.1	18.32	22.29
1600	0.00	2.40	0.110	2816	552	0.1561	24.47	1.580	466.0	106.7	19.33	22.9
1800	0.00	2.30	0.110	2815	553	0.1561	23.45	1.580	465.8	115.0	20.80	24.7
2000	0.00	2.20	0.110	2811	553	0.1561	22.43	1.580	465.1	122.3	22.11	26.28
2200	0.00	2.00	0.115	2809	553	0.1630	20.39	1.650	485.4	122.3	22.11	25.19
2400	0.00	1.90	0.110	2809	553	0.1561	19.37	1.580	464.8	126.7	22.91	27.26
2600	0.00	1.70	0.115	2808	553	0.1630	17.33	1.650	485.2	122.8	22.21	25.31
2800	0.00	1.60	0.115	2806	553	0.1630	16.32	1.650	484.9	124.5	22.51	25.67
3000	0.00	1.50	0.115	2808	553	0.1630	15.30	1.650	485.2	125.0	22.61	25.77

2 . 1 . 4 - Conclusions

Nous observons sur les courbes représentatives des mesures réalisées que la Hauteur Manométrique Totale (H.M.T.) varie en fonction du débit et de la vitesse, et la charge nette d'aspiration (N.P.S.H.) varie en fonction du débit.

* En effet, nous constatons que la Hauteur Manométrique Totale est d'autant plus importante que le débit est faible et que la vitesse est élevée.

* Au contraire, la charge nette d'aspiration est d'autant plus importante que le débit est élevé. Nous remarquons aussi que la vitesse a très peu d'influence.